

PUB-NO: DE004124880A1

DOCUMENT-
IDENTIFIER: DE 4124880 A1TITLE: Fermentative hydrolysis of organic waste by microorganisms - in aerobic first stage followed by anaerobic stage

PUBN-DATE: January 28, 1993

INVENTOR-INFORMATION:

NAME COUNTRY
SCHNOOR, KARL-ERNST DE

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME COUNTRY
HERHOF UMWELTTECHNIK GMBH DE

APPL-NO: DE04124880

APPL-DATE: July 26, 1991

PRIORITY-DATA: DE04124880A (July 26, 1991)

INT-CL (IPC): C02F003/30 , C02F011/02 , C02F011/04 , C05D007/00 , C05F017/00

EUR-CL (EPC): C05F017/00 , C05F017/02 , C12M001/04 , C12P005/02

US-CL-CURRENT: 71/9, 71/10

ABSTRACT:

CHG DATE=19990617 STATUS=O>In the fermentative hydrolysis of organic waste with microorganisms, the waste is fermented aerobically with aerobic microorganisms, with addn. of a gas contg. O2, pref. air or pure O2. After the breakdown of (part) of the easily degradable components of the waste, the feed of O2-contg. gas is stopped, and the waste is fermented anaerobically with anaerobic microorganisms, with the exclusion of O2. Pref. an anaerobic fermentation may precede the aerobic fermentation. The stages may be repeated. A liq. flushing medium may be fed during the aerobic fermentation, and and O2-free liq., pref. water, during the anaerobic fermentation. Metabolites forming in the aerobic fermentation are removed at the start of the anaerobic fermentation by a liq. flushing medium, pref. water. A further aerobic fermentation is carried out after the anaerobic fermentation, pref. after removal of the anaerobic microorganisms with a liq. flushing medium, pref. water. . .



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 41 24 880 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁵:
C 05 D 7/00
C 05 F 17/00
C 02 F 11/02
C 02 F 11/04
C 02 F 3/30

⑳ Aktenzeichen: P 41 24 880.5
㉑ Anmeldetag: 26. 7. 91
㉒ Offenlegungstag: 28. 1. 93

DE 41 24 880 A 1

㉑ Anmelder:
HerHof-Umwelttechnik GmbH, 6336 Solms, DE

㉒ Vertreter:
Lorenz, E.; Gossel, H., Dipl.-Ing.; Philipps, I., Dr.;
Schäuble, P., Dr.; Jackermeier, S., Dr.; Zinnecker,
A., Dipl.-Ing., Rechtsanwälte; Laufhütte, H.,
Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anw.; Ingerl, R., Dr.,
Rechtsanw., 8000 München

㉓ Erfinder:
Schnoor, Karl-Ernst, 6335 Lahnau, DE

㉔ Verfahren zur fermentativen Hydrolyse organischer Abfälle durch Mikroorganismen

㉕ Ein Verfahren dient zur fermentativen Hydrolyse organischer Abfälle durch Mikroorganismen. Um ein derartiges Verfahren zu verbessern, werden die organischen Abfälle durch aerobe Mikroorganismen unter Zufuhr eines sauerstoffhaltigen Gases, vorzugsweise Luft oder reinem Sauerstoff aerob fermentiert. Nach Abbau zumindest eines Teils der leicht abbaubaren Bestandteile der organischen Abfälle wird die Zufuhr des sauerstoffhaltigen Gases beendet. Die organischen Abfälle werden anschließend unter Sauerstoffabschluß durch anaerobe Mikroorganismen anaerob fermentiert.

DE 41 24 880 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur fermentativen Hydrolyse organischer Abfälle durch Mikroorganismen.

Ein Verfahren zur fermentativen Hydrolyse organischer Abfälle durch aerobe Mikroorganismen ist aus der DE-PS 36 37 393 bekannt. Bei dem vorbekannten Verfahren werden organische Abfallstoffe unter Zwangsbelüftung kompostiert.

Kommunale Siedlungsabfälle haben ein breites Spektrum biologisch abbaubarer organischer Stoffanteile. Die einzelnen Bestandteile der Abfälle werden allerdings von sehr unterschiedlichen Mikroorganismen mit entsprechend unterschiedlichen Lebensbedingungen bevorzugt abgebaut. Hierbei sind aufgrund ihrer physiologischen Grundfunktion Aerobier (aerobe Mikroorganismen) und Anaerobier (anaerobe Mikroorganismen) zu unterscheiden. Zur Steuerung des jeweils günstigsten Klimas, also der jeweils günstigsten Lebensbedingungen für die Mikroorganismen wurden speziell aerob und anaerob wirkende Fermenter (Fermentationsbehälter) als technisch beeinflussbare Lebensräume für festes und flüssiges Substrat geschaffen. Die technische Entwicklung in der Behandlung organischer Abfälle zeigt, daß Fermenter für flüssige Substrate bevorzugte Lebensräume für anaerobe Mikroorganismen sind (beispielsweise Faulanlagen), während Fermenter für feste Substrate vorzugsweise Lebensräume für aerobe Mikroorganismen darstellen (beispielsweise Kompostreaktoren).

Bei einem Fermenter für die anaerobe Fermentation wird das stoffwechselgerecht vorbereitete Substrat, also die abzubauenen organischen Abfallschubstanzen, in einer Flüssigkeit kontinuierlich zugeführt. Die Stoffwechselprodukte werden flüssig und gasförmig abgeführt. Die Flüssigphase setzt voraus, daß der Fermenter als kontinuierlich betriebener Bioreaktor arbeitet. Dies stellt an die technische Gestaltung des Fermenters hohe Anforderungen, da ein anaerober Prozeß unter strengem Luftsauerstoffabschluß vollzogen werden muß. Darüber hinaus sind anaerobe Mikroorganismen überwiegend zu ganz speziellen Stoffwechselleistungen befähigt, beispielsweise zum Abbau niedermolekularer organischer Verbindungen im Wasser; eine universellere Abbauleistung ist nur von aeroben Mikroorganismen zu erwarten, beispielsweise der Abbau nieder- und hochmolekularer organischer Verbindungen im Einflußbereich der Luft an der Erdoberfläche.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur fermentativen Hydrolyse organischer Abfälle durch Mikroorganismen zu verbessern.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß die organischen Abfälle durch aerobe Mikroorganismen unter Zufuhr eines sauerstoffhaltigen Gases, vorzugsweise Luft oder reinem Sauerstoff, aerob fermentiert werden, daß nach Abbau zumindest eines Teils der leicht abbaubaren Bestandteile der organischen Abfälle die Zufuhr des sauerstoffhaltigen Gases beendet wird und daß die organischen Abfälle anschließend unter Sauerstoffabschluß durch anaerobe Mikroorganismen anaerob fermentiert werden.

In einer ersten Phase wird eine aerobe Fermentation durchgeführt. Danach wird unter Sauerstoffausschluß eine anaerobe Fermentation durchgeführt. Jede dieser beiden Phasen kann optimal eingestellt werden. Durch die Kombination dieser beiden Phasen ist es möglich, ein verbessertes Endprodukt zu erhalten. Durch die Er-

findung wird ein Verfahren zur biologischen Abfallbehandlung geschaffen, bei dem durch eine entsprechende Verfahrensführung einmal für aerobe und zum anderen für anaerobe Mikroorganismen jeweils die für einen optimalen Stoffwechsel günstigsten Lebensbedingungen technisch geschaffen werden können. Durch die vorliegende Erfindung ist erstmals die Möglichkeit gegeben, in einem Fermentationssystem sowohl auf anaerobem wie auch auf aerobem Weg organische Abfallstoffe abzubauen.

Ein weiterer Vorteil ergibt sich daraus, daß beim Abbau niedermolekularer organischer Substanzen neben der reinen Massenreduktion auch von Fall zu Fall ein Stoffwechselprodukt von wirtschaftlicher Bedeutung anfallen kann. Beispielsweise entsteht bei der Faulung Methan, das zur Erzeugung von Hochtemperaturenergie verwendet werden kann. Bei der Kompostierung (aerobe Fermentation) entsteht Kohlendioxyd, das beispielsweise zur Gewächshausbegasung genutzt werden kann.

Vorteilhafte Weiterbildungen werden in den Unteransprüchen beschrieben.

Während der anaeroben Fermentation kann eine sauerstofffreie Spülflüssigkeit, vorzugsweise Wasser, zugeführt werden. Für diese Flüssigkeitsspülung wird vorzugsweise ein wiederaufbereitetes flüssiges Medium verwendet.

Vor der aeroben Fermentation kann eine anaerobe Fermentation durchgeführt werden. Es ist also möglich, daß die erste Verfahrensstufe als anaerobe Phase durchgeführt wird.

Nach einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung wird das Verfahren mehrmals nacheinander, also mindestens zweimal, nacheinander durchgeführt. Die aerob-anaerob-Phasen können sich aber auch — je nach Bedarf — beliebig oft wiederholen.

Die bei der aeroben Fermentation entstandenen Stoffwechselprodukte können zu Beginn der anaeroben Fermentation durch ein Spülmedium, vorzugsweise ein flüssiges Spülmedium, vorzugsweise Wasser, entfernt werden. Bei diesem Spülmedium kann es sich um die oben bereits erwähnte sauerstofffreie Spülflüssigkeit handeln, die dann auch während der anaeroben Fermentation zugeführt wird.

Nach der anaeroben Fermentation kann erneut eine aerobe Fermentation durchgeführt werden. Nach einer vorteilhaften Weiterbildung werden die anaeroben Mikroorganismen zu Beginn der erneuten aeroben Fermentation durch ein Spülmedium, vorzugsweise ein flüssiges Spülmedium, vorzugsweise Wasser, entfernt. Bei der erneuten Luftzufuhr zu Beginn der erneuten aeroben Fermentation sterben die noch vorhandenen anaeroben Mikroorganismen ab. Sie werden durch das Spülmedium ausgespült. Mit einem flüssigen Spülmedium werden sie als Schlamm ausgespült und entfernt.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann in einem Fermentationsbehälter durchgeführt werden. Das Verfahren wird dann in einem einzigen Fermentationsbehälter durchgeführt, in dem nacheinander bzw. abwechselnd aerobe und anaerobe Phasen stattfinden. Es ist also möglich, beide — aerobe und anaerobe — Fermentationsvorgänge in ein und demselben Reaktor nacheinander ablaufen zu lassen.

Es ist ferner möglich, die aerobe Fermentation in einem ersten Fermentationsbehälter und die anaerobe Fermentation in einem zweiten Fermentationsbehälter durchzuführen. Sowohl der erste als auch der zweite Fermentationsbehälter können von derselben Bauart

sein. Es ist möglich, die aus der DE-PS 36 37 393, auf die hiermit Bezug genommen wird, bekannte Vorrichtung zu verwenden. Es ist möglich, in einem oder mehreren miteinander verbundenen Fermentationsbehältern die aerobe Fermentation durchzuführen, während in einem oder mehreren weiteren, vorzugsweise daneben liegenden Fermentationsbehältern die anaerobe Fermentation durchgeführt wird. Die aeroben und anaeroben Mikroorganismen können jeweils ihre spezifischen Stoffwechselfunktionen entfalten. Das abzubauende Abfallsubstrat wird zunächst in den Fermentationsbehälter für die aerobe Fermentation eingebracht, diesem dann nach beendeter Hauptstoffwechselphase entnommen und in den Fermentationsbehälter für die anaerobe Fermentation eingebracht.

Die aerobe Fermentation wird durch eine Spülung des Fermentationsbehälters (Festbett-Reaktors bzw. Festbett-Fermenters) mit Luft bzw. einem sonstigen sauerstoffhaltigen Gas gewährleistet. Die anaerobe Fermentation, die ebenfalls im Festbettreaktor durchgeführt werden kann, setzt eine Spülung mit einer Flüssigkeit, vorzugsweise Wasser, voraus. Da bei der aeroben Fermentation Wärmeenergie direkt freigesetzt wird, kann diese zur Wasserverdunstung, also zur Trocknung der noch vorhandenen Masse (Restmasse), genutzt werden. Das bei der anaeroben Fermentation freigesetzte Methan kann zur Wärmeerzeugung genutzt werden, vorzugsweise zur Trocknung der Restmasse. Es kann als speicherbarer Energieträger nach Verbrennung zur Restmassetrocknung verwendet werden.

Es ist möglich, die Festbett-Fermenter der aeroben Stufe mit flüssigen Spülmedien zu betreiben und dabei Sauerstoff zuzuführen. Im Anschluß hieran kann die durch Mikroorganismen von Sauerstoff befreite Flüssigkeit in der anaeroben Phase (also bei der anaeroben Fermentation) genutzt werden.

Vorzugsweise wird die einzige oder gegebenenfalls letzte aerobe Fermentation mit erwärmter Luft durchgeführt. Nach einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung wird die einzige oder gegebenenfalls letzte aerobe Fermentation im Vakuum durchgeführt.

Vorzugsweise werden die sich in dem sauerstoffhaltigen Gas und/oder in der Spülflüssigkeit ansammelnden Stoffwechselprodukte neutralisiert. Dies geschieht vor dem Wiedereintritt dieser Stoffwechselprodukte in die Atmosphäre bzw. in die Umgebung.

Es ist ferner möglich, während der aeroben Fermentation ein flüssiges Spülmedium zuzuführen. Es ist ferner möglich, sowohl während der aeroben Fermentation als auch während der anaeroben Fermentation ein flüssiges Spülmedium zuzuführen.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachstehend beschrieben.

Das zu fermentierende Abfallgemisch wird in den Fermentationsbehälter für die anaerobe Fermentation (dies kann der einzige Fermentationsbehälter sein) eingelagert. Danach wird in Abhängigkeit von der biologischen Wachstumskurve, die in der DE-PS 36 37 393 erläutert ist, die für einen optimalen Abbau erforderliche Sauerstoffmenge zugeführt. Das Verfahren kann in dem aus der DE-PS 36 37 393 bekannten Fermentationsbehälter durchgeführt werden. Die biologisch schnell zu erschließende leicht abbaubare organische Substanz des Abfallsubstrates wird in Wasser, Kohlendioxyd, Wärme und Mineralstoff-Restoxydationsprodukte umgewandelt. Soweit die Stoffwechselprodukte gasförmig sind, werden diese mit einem Spülgas, beispielsweise Luft, aus dem Fermentationsraum entfernt. Anschlie-

ßend werden die Stoffwechselprodukte aus dem Spülgas entfernt, so daß es nicht zu unangenehmer Geruchsausbreitung kommt.

Wenn der leicht abbaubare Substratsanteil abgebaut ist, stellen die aeroben Mikroorganismen, die sich auf dem Grundsubstrat entsprechend vermehrt haben, noch eine beträchtliche Biomasse mit entsprechender Zellflüssigkeit dar, die nun im zweiten Verfahrensschritt von anaeroben Mikroorganismen abgebaut wird. Dabei wird die Sauerstoffzufuhr unterbunden. Da keine Luft von außen in den Fermenter mehr eindringt, wird zunächst der Restsauerstoff noch vor dem Absterben der aeroben Mikroorganismen verbraucht. Danach können die anaeroben Mikroorganismen die noch vorhandene leicht abbaubare Zellflüssigkeits- und Restbiomasse in Methan, Kohlendioxyd und Wasser umwandeln. Zur Aufrechterhaltung eines für anaerobe Mikroorganismen optimalen Lebensraumes werden die Stoffwechselprodukte durch eine Flüssigkeit, beispielsweise Wasser, entfernt, wobei diese Spülflüssigkeit — wie auch bei der anaeroben Fermentation — vor dem Wiedereintritt in die Umgebung, beispielsweise in Flüsse oder Bäche, zur Vermeidung von Umweltschäden neutralisiert wird.

Die übrig bleibende, biologisch schwer abbaubare Abfallrestmasse wird nach der anaeroben Phase während des Abzugs der Spülflüssigkeit wieder mit Sauerstoff, vorzugsweise atmosphärischer Luft, beaufschlagt. Die restlichen noch in dem Fermentationsgemisch verbleibenden anaeroben Mikroorganismen sterben unter diesem Sauerstoffeinfluß rasch ab; sie werden mit der Spülflüssigkeit ausgespült. Die ausgespülten Organismenreste werden als Schlamm aus dem Spülwasser entfernt.

Die feuchte, hydrolisierte Abfallrestmasse wird vorzugsweise im Vakuum getrocknet, so daß sich Mikroorganismen nicht mehr entwickeln können. Auf diesem Weg entsteht eine biologisch nicht mehr reagierende organische Restsubstanz.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren zur fermentativen Hydrolyse organischer Abfälle durch aerobe und anaerobe Mikroorganismen wird in einem Festbett-Fermenter zur aeroben Fermentation ein sauerstoffhaltiges Spülgas verwendet. Danach wird — durch Abstellen des sauerstoffhaltigen Spülgases — von den aeroben Mikroorganismen eine sauerstofffreie Atmosphäre für anaerobe Mikroorganismen hergestellt. Zur anaeroben Fermentation wird eine sauerstofffreie Spülflüssigkeit zugeführt. Die Fermentationsvorgänge laufen in zeitlicher Folge nacheinander ab, wobei jeweils die sich in den Spülmedien ansammelnden Stoffwechselprodukte vor Wiedereintritt in die Atmosphäre bzw. Umgebung neutralisiert werden.

Sowohl die aerobe Phase wie auch die anaerobe Phase können mit einem flüssigen Spülmedium betrieben werden.

Die Festmassen-Beschickung und -Entleerung der Fermentationsbehälter kann durch mobile Transportgeräte erfolgen. Sie kann aber auch durch stetig fördernde Aggregate erfolgen. Die Wände des Fermentationsbehälters können aus Beton hergestellt werden, aber auch aus Metall oder aus Kunststoff oder aus natürlichen Stoffen. Das Spülmedium der aeroben Phase kann mit Sauerstoff angereichert werden. Es kann nach Durchlaufen der aeroben Phase als Spülmedium in der anaeroben Phase genutzt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur fermentativen Hydrolyse organischer Abfälle durch Mikroorganismen, dadurch gekennzeichnet, 5
daß die organischen Abfälle durch aerobe Mikroorganismen unter Zufuhr eines sauerstoffhaltigen Gases, vorzugsweise Luft oder reinem Sauerstoff, aerob fermentiert werden,
daß nach Abbau zumindest eines Teils der leicht 10
abbaubaren Bestandteile der organischen Abfälle die Zufuhr des sauerstoffhaltigen Gases beendet wird
und daß die organischen Abfälle anschließend unter Sauerstoffabschluß durch anaerobe Mikroorga- 15
nismen anaerob fermentiert werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß während der anaeroben Fermentation eine sauerstofffreie Spülflüssigkeit, vorzugsweise Wasser, zugeführt wird. 20
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß vor der aeroben Fermentation eine anaerobe Fermentation durchgeführt wird. 25
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren mehrmals nacheinander durchgeführt wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die bei der aeroben Fermentation entstandenen Stoffwechsel- 30
produkte zu Beginn der anaeroben Fermentation durch ein Spülmedium, vorzugsweise ein flüssiges Spülmedium, vorzugsweise Wasser, entfernt werden.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß nach der anaeroben Fermentation erneut eine aerobe Fermentation durchgeführt wird. 35
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die anaeroben Mikroorganismen zu Beginn der erneuten aeroben Fermentation durch ein Spülmedium, vorzugsweise ein flüssiges Spül- 40
medium, vorzugsweise Wasser, entfernt werden.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß es in einem Fermentationsbehälter durchgeführt wird. 45
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die aerobe Fermentation in einem ersten Fermentationsbehälter und die anaerobe Fermentation in einem zweiten Fermentationsbehälter durchgeführt wird. 50
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die bei der aeroben Fermentation entstehende Wärme genutzt wird, vorzugsweise zur Trocknung der Rest- 55
masse.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das bei der anaeroben Fermentation entstehende Methan zur Wärmeerzeugung genutzt wird, vorzugsweise zur Trocknung der Restmasse. 60
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die einzige oder gegebenenfalls letzte aerobe Fermentation mit erwärmter Luft durchgeführt wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, 65
dadurch gekennzeichnet, daß die einzige oder gegebenenfalls letzte aerobe Fermentation im Vakuum durchgeführt wird.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die sich in dem sauerstoffhaltigen Gas und/oder in der Spülflüssigkeit ansammelnden Stoffwechselprodukte neutralisiert werden.
15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß während der aeroben Fermentation ein flüssiges Spülmedium zugeführt wird.